

銀合歡材料測試報告

一、前言與目標

環顧澎湖四周氾濫的銀合歡，過去是極為珍貴的薪柴，今日卻是除之不絕的農地廢棄物，不禁讓我們思考在現今生活中是否有其存在價值的一席之地。因此，四年前我們在澎湖縣望安島開始嘗試使用銀合歡材料進行研究，從初期使用銀合歡種子、樹枝創作，到應用樹材開發設計攤車傢俱，後期更是投入銀合歡木炭研究，開發出備長炭、除濕擴香包等產品。這幾年嘗試下來，我們希望可以重新規劃該樹材的應用價值，發展角材、片材、木炭等標準規格化材料，讓銀合歡材料在工藝創作、商品開發方面拓展出許多可能性，目前我們已成功應用銀合歡木炭、木材開發兩項商品，具有成熟的發展性與創新價值。

在銀合歡木材方面，我們長期調查下來發現澎湖的銀合歡樹材粗度平均直徑約 6 到 8 公分左右，我們將銀合歡樹材開發成角料型式，成材厚度約 3~5 公分、長度約 40 到 50 公分，整體樹材利用率約 33%。在設計初期，我們將銀合歡木材視為可更替式的單元體，採用榫接的手法與鐵件組裝，開發模組化攤車傢俱。時至今日卻發現銀合歡材料並沒有想像中的不堪，經歷四年的攤車傢俱，木材結構仍相當穩固，因此我們認為銀合歡與一般木材無太大差異，材料應用上有著更多的可能性。本報告將以科學方法測試驗證材料結構的穩定性，並與澎湖常見建材比較，探討銀合歡規格化的標準材料研發可能性，以利開發相關商品。

在銀合歡木炭方面，我們經過長期研究，已成功燒製高品質銀合歡木炭（燒製溫度 700°C 以上），初步測試結果，在燃燒熱能效率方面優於市售木炭，此外木炭的調控環境濕度能力，相當適合應用作為擴香用途。目前我們應用草編技術將木炭產品開發為擴香包，在市售產品中並無同類型的競爭品，頗具獨創性。計畫將以此為方向，進行木炭吸濕性的研究，探討與市售產品的差異性，了解銀合歡木炭加值的機會。

本報告係以澎湖樸植作工作室提供材料，與國立屏東科技大學木材科學與設計系進行合作，投入澎湖銀合歡材料試驗研究，探討銀合歡木材、木炭材料加值應用的可能性，以利在地自然永續商品開發應用。

此次報告目標如下：

1. 強度測試：分析銀合歡木材與市售木材之強度，探討銀合歡材料加值機會。
2. 耐久度測試：了解銀合歡木材材料結構穩定性，依據不同年份材料進行相關材料試驗研究。
3. 品質測試：了解銀合歡木炭材料及市售木炭材料吸濕性之效果，進行相關材料測試研究。

二、 實驗材料及方法

(一) 木材及木炭

本試驗選用銀合歡為材料，試材取自於澎湖。將樸植作工作室所提供的材料（其中，包括 2018 年所伐採之銀合歡、2020 年所伐採之銀合歡及市售木材-白木，共 3 種木材）裁切成標準試材，之後放入恆溫恆濕室進行調濕，以利後續試驗的進行。另一方面，購買市售木炭（包括大顆粒及小顆粒，共 2 種木炭）進行與銀合歡木炭之性質比較。

(二) 木材之性質分析

1. 物理性質分析

(1) 密度 (Density)

依 CNS 451 之檢測標準，將試材裁切成長約 20 mm、寬約 20 mm 之試片，並置於 20°C、65% RH 之恆溫恆濕室中調整至恆重，測量試材之長度、寬度及厚度，

並換算其體積，測定其質量，並依此計算試材密度。

(2) 含水率 (Moisture content)

依 CNS 452 之檢測標準，將試材裁切成適當之大小，置於 20°C、65% RH 之環境調整至恆重，測定試材之質量 (m_1 , g)。接著將其置入 103°C 之烘箱內乾燥至恆重，測定其乾燥後之絕乾質量 (m_0 , g)，並計算試片含水率。

$$\text{含水率 (\%)} = (m_1 - m_0) / m_0 \times 100$$

(3) 吸水率 (Water absorption) 及吸水體積膨脹率 (Thickness swelling)

本試驗係將試材裁切成長 20 mm、寬 20 mm 及厚 20 mm 之試片，置於 20°C、65% RH 之恆溫恆濕室中調整至恆重。之後，將試片水平置入 20±1°C 之水中，置入深度為距水面下 25 mm，試驗時間為 24 h。測定試片吸水後之質量及體積後，並依下式計算試片之吸水率及吸水體積膨脹率。

$$\text{吸水率 (\%)} = [(m_1 - m_0) / m_0] \times 100$$

$$\text{吸水厚度膨脹率 (\%)} = [(t_1 - t_0) / t_0] \times 100$$

式中， m_0 為試片吸水前之質量 (g)， m_1 為試片吸水後之質量 (g)， t_0 為試片吸水前之體積 (mm^3)， t_1 為試片吸水後之體積 (mm^3)。

2. 機械性質分析

(1) 抗彎強度 (Modulus of rupture, MOR) 及抗彎彈性模數 (Modulus of elasticity, MOE) 分析

本試驗參考 CNS 454 之檢測標準，將試材裁切成適當之大小後，置於 20°C、65% RH 之恆溫恆濕室中調整至恆重，並測量其質量、長度、寬度及厚度。之後，以試片厚度 14 倍之載重跨距及標準之載重速度進行檢測。記錄試片之最大載重值及經時載重與變形量，並依此計算試片之抗彎強度及抗彎彈性模數(如圖 1)。

$$\text{MOR (N/mm}^2, \text{ MPa)} = (3PL)/(2bh^2)$$

$$\text{MOE (N/mm}^2, \text{ MPa)} = \Delta PL^3/(4 \Delta Ybh^3)$$

式中，P 為最大載重 (N)，L 為跨距 (mm)，b 為試片寬度 (mm)，h 為試片厚度 (mm)， ΔP 為比例限度內上限載重與下限載重之差值 (N)， ΔY 為 ΔP 相對之跨距中央之彎曲變形量 (mm)。



圖 1 不同年份銀合歡及市售木材之抗彎強度測試。

(2) 抗壓強度 (Compression)

本試驗參考 CNS 453 之檢測標準，將試材裁切成適當之大小後，置於 20°C、65% RH 之恆溫恆濕室中調整至恆重，並測量其質量、長度、寬度及厚度。之後，使試材在載重開始 1 min~2 min 內破壞。測定試材破壞時之載重，作為最大載重 (P_m)。並依此計算試片之抗壓強度 (如圖 2)。

$$\sigma_c (\text{N/mm}^2, \text{ MPa}) = (P_m)/(A)$$

式中， σ_c 為抗壓強度 (MPa)， P_m 為最大載重 (N)，A 為試材之斷面積 (mm^2)。

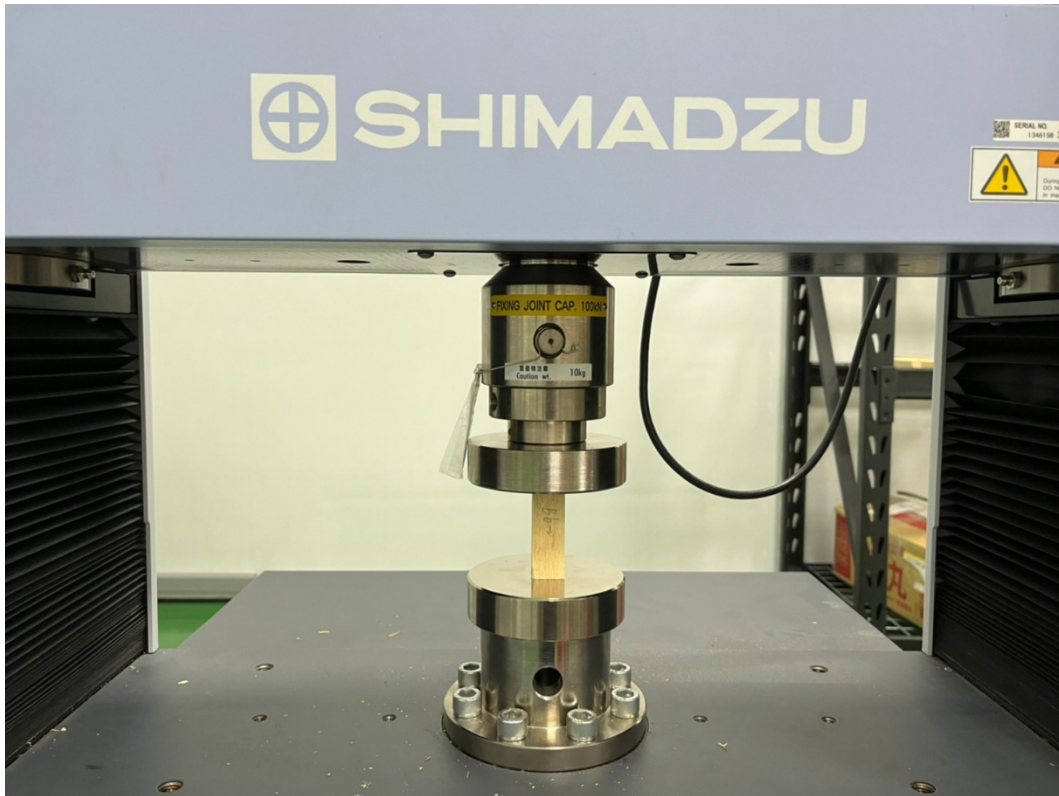


圖 2 不同年份銀合歡及市售木材之抗壓強度測試。

(3) 抗剪強度 (Shearing stress)

本試驗參考 CNS 455 之檢測標準，將試材裁切成適當之大小後，置於 20°C、65% RH 之恆溫恆濕室中調整至恆重，並測量其質量、長度、寬度及厚度。之後，使試材在載重開始 1 min~2 min 內破壞。測定試材破壞時之載重，作為最大載重 (P_m)。並依此計算試片之抗剪強度。

$$\tau_v (\text{N/mm}^2, \text{MPa}) = (P_m)/(b \cdot h)$$

式中， τ_v 為平行纖維方向之剪力強度 (MPa)，P_m 為最大載重 (N)，b 為試片厚度 (mm)，h 為剪斷長度 (mm)。

三、 結果與討論

(一) 強度測試

為了解 2018 年銀合歡、2020 年銀合歡及市售木材-白木之基本物理性質，本報告針對其密度、含水率、24 hr 吸水率及 24hr 吸水體積膨脹率進行測試。表 1 為不同年份銀合歡及市售木材之物理性質，由表中結果可以得知，其密度均介於 0.45 – 0.57 g/cm³ 之間，而 2018 年銀合歡密度較 2020 年銀合歡密度大，主要原因係 2018 年銀合歡之所佔心材的比例較大（如圖 3），而心材密度一般較邊材者高，因此，2018 年銀合歡密度較大。此外，2020 年銀合歡與市售木材-白木之密度差異不明顯，表示選用白木確實可以做為與銀合歡比較之市售木材。而在含水率性質方面，經調濕後木材，其含水率均介於 11.2 – 14.6 % 之間。表示之後的強度測試不會受到含水率之影響。

另一方面，本試驗將木材浸水 24 h 後，測定其吸水率及吸水體積膨脹率，藉此評估 3 種木材之耐水性及尺寸安定性。由表 1 可以發現，2020 年銀合歡之 24 h 吸水率（46.2%）為最小，其耐水性較白木（吸水率為 49.0%）佳。而在吸水體積膨脹率具有相同之趨勢，2020 年銀合歡之 24 h 吸水體積膨脹率為（4.2%）為最小，其尺寸安定性較白木（吸水體積膨脹率為 4.4%）佳。表示銀合歡木材具有取代市售木材-白木的潛力，可以做為家具製作或工藝品創作之材料。

表 1 不同年份銀合歡及市售木材之物理性質

木材種類	密度 (g/cm ³)	含水率 (%)	24 hr 吸水率 (%)	24 hr 吸水體積膨脹率 (%)
2020 年銀合歡	0.45 ± 0.06	13.5 ± 0.2	46.2 ± 10.6	4.2 ± 0.7
2018 年銀合歡	0.57 ± 0.10	14.6 ± 0.2	55.0 ± 7.8	6.3 ± 1.0
市售木材-白木	0.46 ± 0.03	11.2 ± 0.2	49.0 ± 3.0	4.4 ± 0.7



圖 3 2018 年銀合歡木材之心材比例。

抗彎強度 (MOR) 與抗彎彈性模數 (MOE) 為評估木材機械性質之重要指標之一，而抗彎性質測定可代表材料作為 2 個支點間之強度表現，如家具的橫向連桿之特性。由圖 4 可以發現，2018 年銀合歡之抗彎強度值 (74.7 MPa) 為最大，而 2020 年銀合歡 (59.1 MPa) 與市售白木 (61.0 MPa) 差異不大。而在 MOE 方面，由圖 5 可發現，仍然以 2018 年銀合歡之抗彎彈性模數值 (9.3 GPa) 為最大，而 2020 年銀合歡 (7.8 GPa) 次之，市售白木 (5.7 MPa) 為最小。綜合上述結果得知，不論年份，銀合歡木材抗彎性質均較市售白木為佳，具有取代市售白木之潛力。

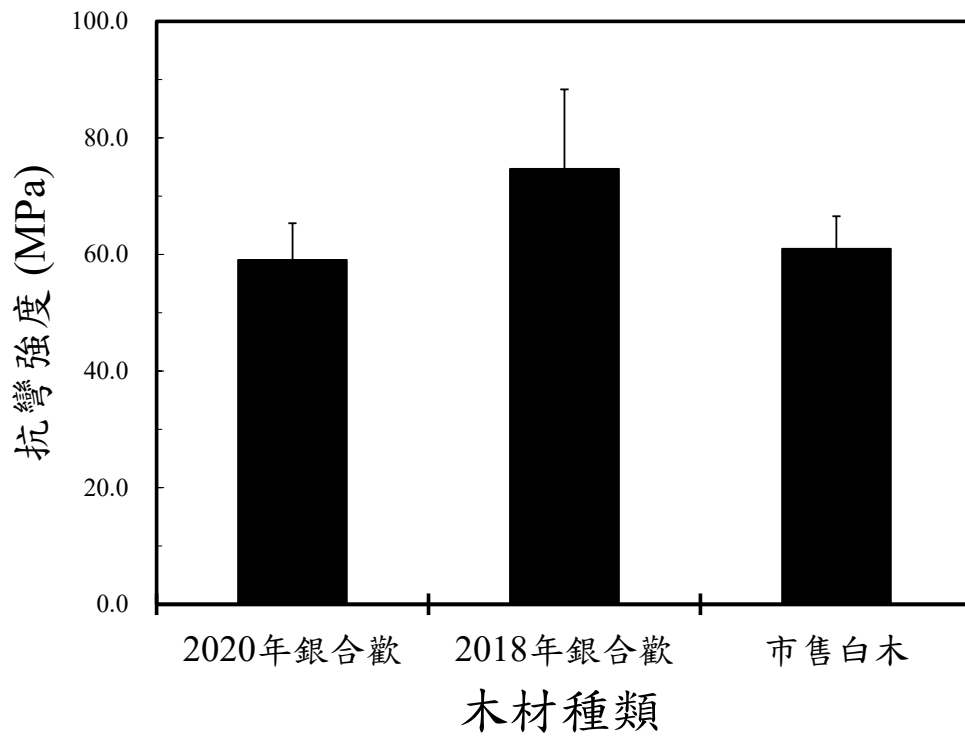


圖 4 不同年份銀合歡及市售木材之抗彎強度。

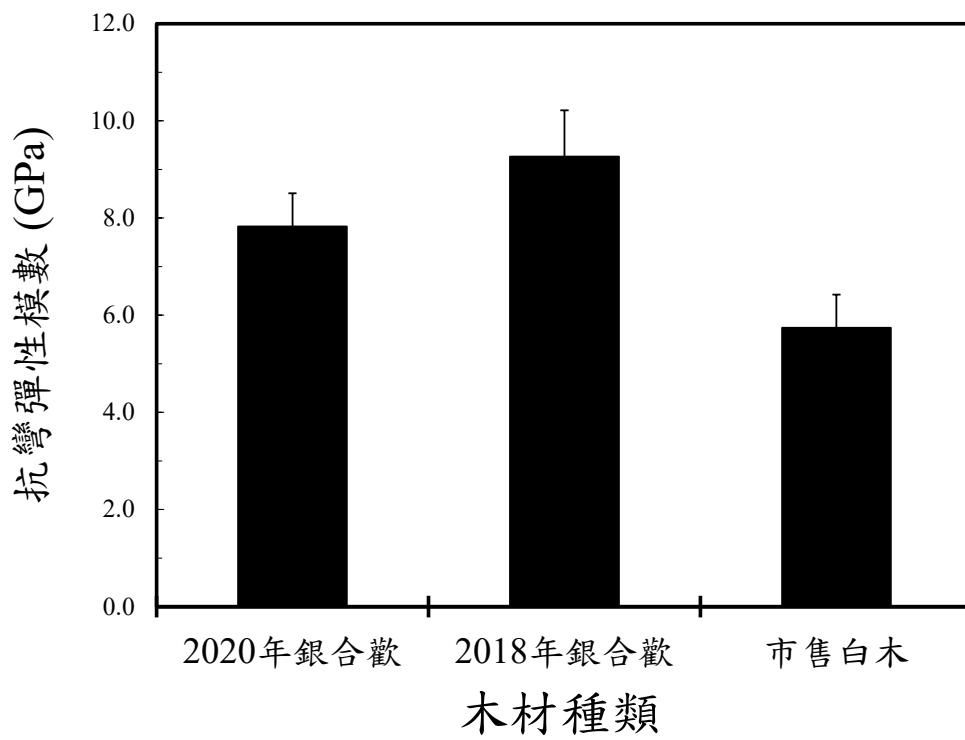


圖 5 不同年份銀合歡及市售木材之抗彎彈性模數。

抗壓強度亦為評估木材機械性質重要指標之一，而抗壓性質測定可代表材料作為縱向支撐之強度，如家具的椅腳或桌腳的部分。由圖 6 可以發現，2020 年銀合歡之抗壓強度值為 32.2 MPa、2018 年銀合歡為 31.2 MPa 及市售白木為 30.5 MPa，三者之間差異不明顯。因此，不論年份，銀合歡木材抗壓性質均與市售白木相似，亦具有市售白木相同之縱向支撐強度。

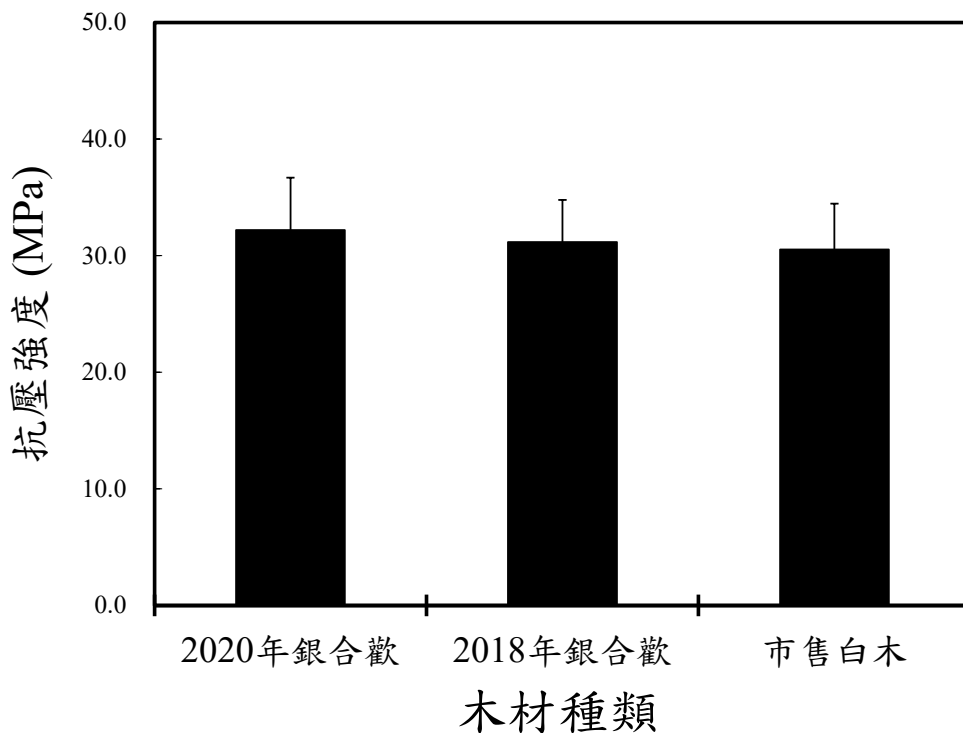


圖 6 不同年份銀合歡及市售木材之抗壓強度。

抗剪強度為說明家具構件特性之一，常應用在 2 個施力不同方向的部件上，尤其是床、桌、椅這類需要高剪力的結構，因此，須探討不同年份銀合歡及市售木材之抗剪強度。由圖 7 可以發現，2018 年銀合歡之抗剪強度值 (10.5 MPa) 為最大，而 2020 年銀合歡 (9.5 MPa) 次之，市售白木 (9.2 MPa) 為最小。綜合上述結果得知，不論年份，銀合歡木材抗剪性質均較市售白木為佳，具有取代市售白木之潛力。

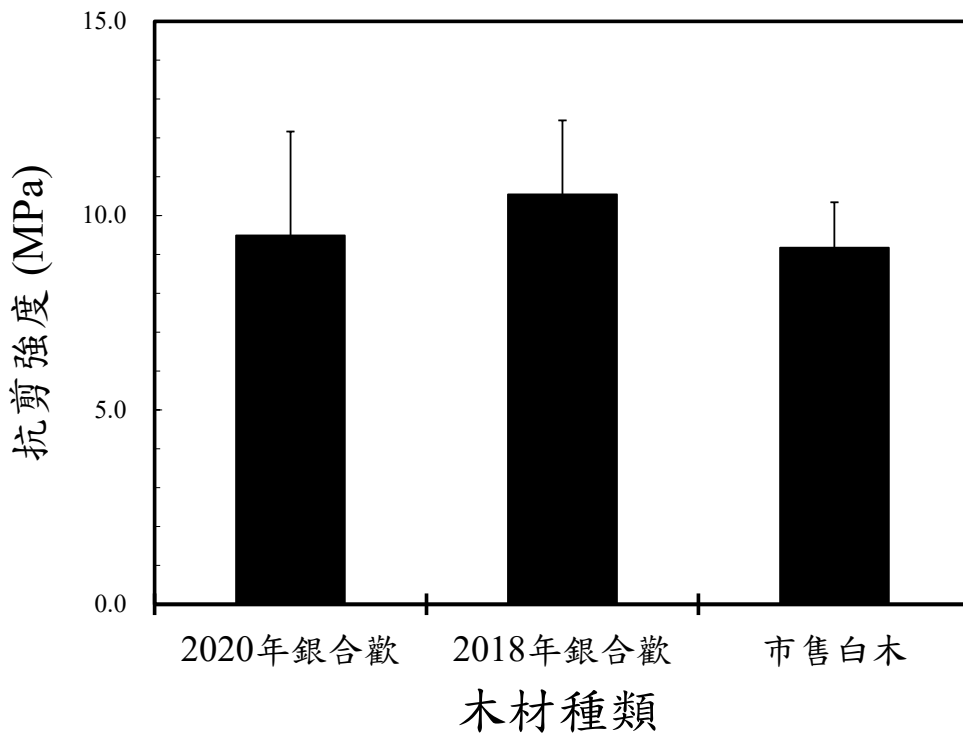


圖 7 不同年份銀合歡及市售木材之抗剪強度。

(二) 耐久度測試

2018 年銀合歡為經過 4 年使用過後之木材而進行耐久度測試，根據表 1 的結果發現，密度並不會因使用 4 年後而降低。在吸水率方面，2018 年銀合歡吸水率較 2020 年銀合歡高，推測原因應為 2018 年銀合歡經過 4 年使用，表面出現較多空隙，導致較多水分進入木材中。因此，2018 年銀合歡之體積膨脹率也較 2020 年銀合歡高。但只有些許的變化，並不會影響其尺寸安定性。

另一方面，在機械強度的部分，由圖 4-7 發現，2018 年銀合歡之抗彎強度及抗彎彈性模數均較 2020 年銀合歡高，表示 2018 年銀合歡具有良好的耐久性。雖經過 4 年的使用，其強度值均不低於 2020 年銀合歡的木材，甚至也較高於市售白木的抗彎性質。另外，在抗壓強度的部分，2018 年銀合歡與 2020 年銀合歡之強度值差異不明顯。此外，在抗剪強度的部分，2018 年銀合歡也較 2020 年銀合歡之強度值為高。綜合上述結果得知，2018 年銀合歡確實具有較優良之耐久

度，因此，若正確使用銀合歡木材可延長銀合歡的使用年限。

(三) 品質測試

為了探討銀合歡木炭材料及市售木炭材料吸濕性之效果，進行相關材料測試。此部分是將木炭材料分成大顆粒銀合歡木炭(大銀合歡)、小顆粒銀合歡木炭(小銀合歡)、大顆粒市售木炭材料(大市售)及小顆粒市售木炭材料(小市售)，共4種炭材進行吸濕試驗。分別置於恆溫恆濕室(20°C、65% RH)、室內(常溫、常濕)及高濕環境(室溫、90% RH以上)中。之後定期監控及記錄炭材之吸濕重量。圖8為銀合歡炭材及市售炭材於恆溫恆濕環境之吸濕性質，由圖中發現，無論顆粒大小，銀合歡炭材與市售炭材具有相似之吸濕特性。大約在第4天時，其吸濕量就趨於穩定。小顆粒銀合歡木炭及小顆粒市售木炭材料最大吸濕量約為0.23 g，兩者差異不大；而大顆粒銀合歡木炭及大顆粒市售木炭材料最大吸濕量則約為0.17 g，且兩者差異不大。小顆粒吸濕量較大顆粒高，表示小顆粒炭材吸收表面積較大，所以吸濕量較高。另外，圖9為銀合歡炭材及市售炭材於常溫常濕環境之吸濕性質，由圖中亦發現，無論顆粒大小，銀合歡炭材與市售炭材具有相似之吸濕特性。大約在第4天時，其吸濕量亦趨於穩定，之後隨著室內溫溼度的變化炭材吸濕量隨之改變。其結果也與恆溫恆濕環境相似，小顆粒銀合歡木炭及小顆粒市售木炭材料最大吸濕量約為0.23 g，兩者差異不大；而大顆粒銀合歡木炭及大顆粒市售木炭材料最大吸濕量則約為0.18 g，且兩者差異不大，且小顆粒吸濕量較大顆粒者高。此外，圖10為銀合歡炭材及市售炭材於常溫高濕環境之吸濕性質，由圖中亦發現，無論顆粒大小，銀合歡炭材與市售炭材具有相似之吸濕特性。但目前試驗大約已40天，其吸濕量而持續增加中，現在最大吸濕量約為0.53 g。而且不論銀合歡炭材或市售炭材，其吸濕性差異不明顯。但小顆粒吸濕量還是較大顆粒者為大。綜合上述結果得知，銀合歡炭材確實具有與市售炭材之相似吸濕性，因此，建議銀合歡炭材可做為具吸濕效果之商品，以增加銀合歡之加值應用。

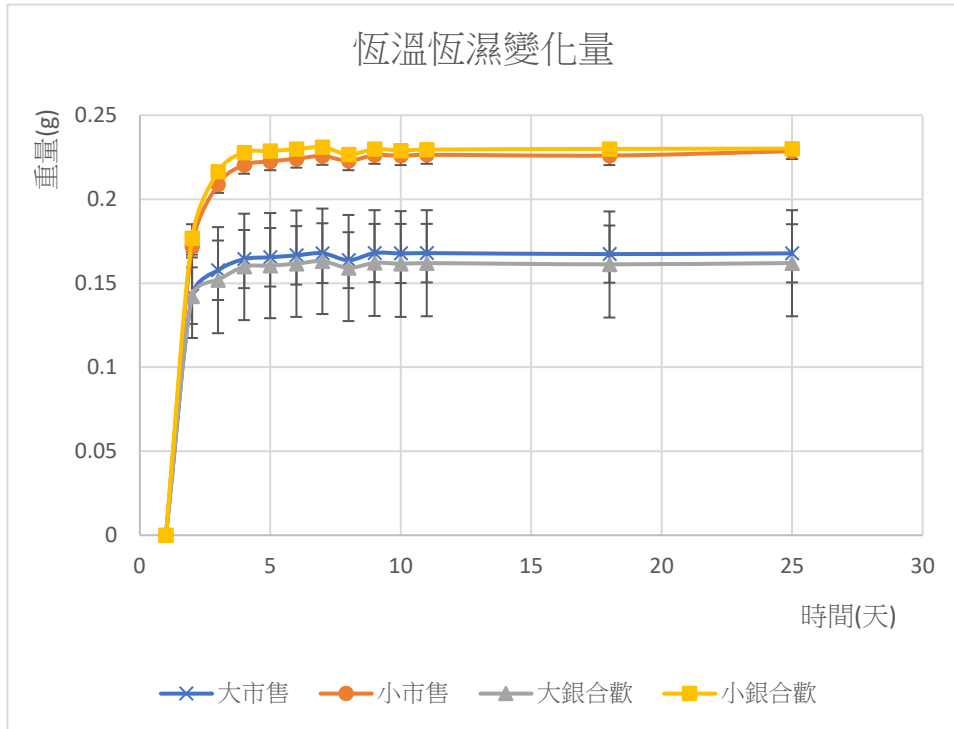


圖 8 銀合歡炭材及市售炭材於恆溫恆濕環境之吸濕性質

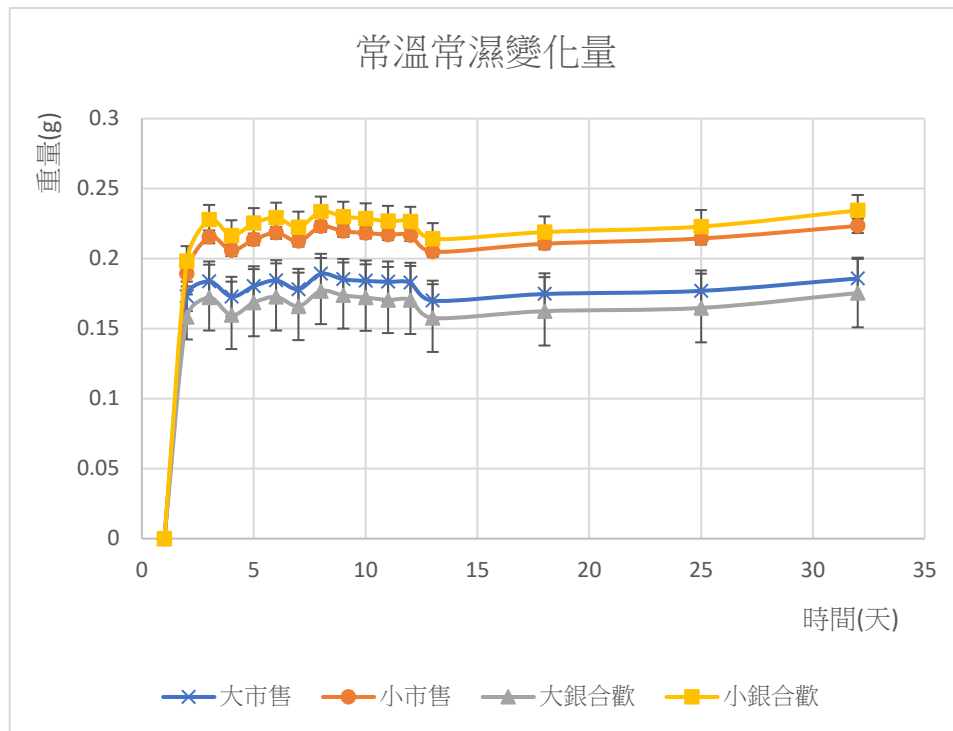


圖 9 銀合歡炭材及市售炭材於常溫常濕環境之吸濕性質

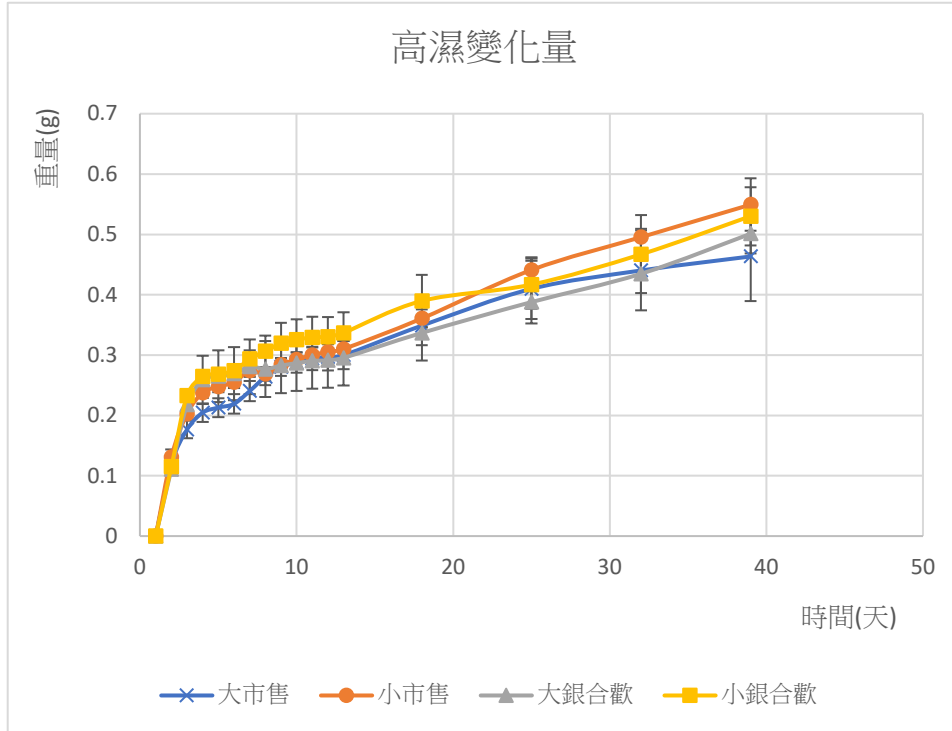


圖 10 銀合歡炭材及市售炭材於常溫高濕環境之吸濕性質



圖 11 銀合歡炭材及市售炭材之吸濕試驗